

Joonas Ijäs

# **Tuotepakkauksien tiiveyden tarkistaminen**

Opinnäytetyö

Kevät 2018

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Joonas Ijäs

Työn nimi: Tuotepakkauksien tiiveyden tarkistaminen

Ohjaaja: Seppo Stenberg

Vuosi: 2018

Sivumäärä: 46

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Atria Oy Nurmon toimipisteelle. Työssä haluttiin ottaa selvälle, voidaanko tuotepakkauksien ilmatiiviyttä mitata. Mittaamista varten tuli kehitellä mittaustapa. Mittaustavan testaamista varten rakennettiin pieni testilaitteisto.

Testilaitteisto koostuu ohjelmoitavasta logiikasta, paineilmasylinteristä, jota ohjataan paineilmaventtiilillä, sekä laser-etäisyysanturista. Paineilmaventtiiliä ohjataan ja laser-anturin mittatulosta seurataan logiikalla ja sille tehdyllä ohjelmalla.

Testilaitteistolla tehdään useita testejä erilaisten ehjien ja rikkinäisten pakkauksien kanssa, jotta voidaan varmistua mittaustavan luotettavuudesta sekä siitä, että mitaus voidaan suorittaa tuotannon edellyttämällä nopeudella. Testeistä tehdään kuvaajat, joista pystytään helposti toteamaan mittauksien tulokset ja se, miten hyvin rikkinäiset pakkaukset pystytään erottamaan ehjistä.

Testien tulosten perusteella voidaan esittää laitteistosuositus, jonka perusteelta voidaan varsinainen mittalaitteisto mahdollisesti valmistaa ja liittää jo olemassa olevaan järjestelmään.

Avainsanat: mittaus, laser, tiiviys

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electrical Automation

Author: Joonas Ijäs

Title of thesis: Ensuring the Airtight Seals on Food Packages

Supervisor: Seppo Stenberg

Year: 2018

Number of pages: 46

Number of appendices: 1

---

This thesis was made for Atria Oy in Nurmo. The purpose was to find out, if it is possible to measure the airtightness of the food package seals. The idea was to first design a method for the measuring, and then to build a small prototype to test this method.

The prototype consisted of a programmable logic controller, pneumatic cylinder, which is controlled by a pneumatic switch valve, and a laser distance sensor. The pneumatic switch valve is controlled, and the value received from the laser distance sensor is monitored with the logic controller. The prototype was used to conduct numerous tests, using different intact and broken food packages. These tests helped to determine if the chosen method of measurement is sufficient for ensuring the airtightness of the packages. The tests also helped to determine if the measuring speed is fast enough for production. For each test a graph was made, where the result can be observed easily.

A machine recommendation was made based on the results of the tests. This recommendation can be used to build an actual machine for testing the integrity of food packages.

Keywords: measurement, laser, airtight

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuvaluettelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
1 Johdanto .....	8
1.1 Työn tausta .....	8
1.2 Työn tavoite .....	8
1.3 Työn rakenne .....	8
1.4 Yritysesittely .....	9
2 Teoriaa.....	10
2.1 Tiiviyn mittaustapoja.....	10
2.1.1 Visuaalinen tarkastelu .....	10
2.1.2 Puristustesti .....	10
2.1.3 Kaasutunnistus .....	11
2.1.4 Laservalotunnistus .....	12
2.2 Etäisyyttä mittaava laser-anturi .....	12
2.2.1 Kolmiomittaus .....	12
2.3 Anturi.....	14
2.4 Anturin signaalin muunnos.....	15
2.5 Logiikka.....	15
3 Testilaitteiston rakentaminen, rakenne ja toiminta.....	17
3.1 Mittaustavan valinta .....	17
3.2 Laitteiston toiminnan kuvaus .....	17
3.3 Mekaniikka .....	18
3.4 Pneumatiikka.....	19
3.5 Sähkökytkennät.....	20
3.6 Ohjelmointi .....	21
3.7 Testien tavoitteet.....	26
4 Testaus .....	27

4.1 Testien suorittaminen .....	27
4.2 Ensimmäinen testi.....	28
4.2.1 Ensimmäisen testin tulokset.....	29
4.3 Yksittäiset testit .....	30
4.4 Toinen testi .....	31
4.4.1 Toisen testin tulokset .....	32
4.5 Kolmas testi .....	34
4.5.1 Kolmannen testin tulokset .....	35
4.6 Neljäs testi .....	36
4.6.1 Neljännen testin tulokset.....	37
4.7 Viides testi.....	38
4.7.1 Viidennen testin tulokset .....	40
4.8 Testien yhteenveto.....	42
5 Tulokset .....	43
5.1 Laitteistosuositus.....	43
5.2 Laitteiston integrointi muuhun järjestelmään .....	43
6 Pohdintaa ja yhteenveto.....	44
LÄHTEET .....	45
LIITTEET .....	46

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Puristustestin staattinen ja dynaaminen tapa. (Arndt 2001.).....	11
Kuva 2. Kolmiomittauksen pisteen tunnistamisen periaatekuva. (Kennedy 1998.)	13
Kuva 3. Työssä käytetyn anturin tiedot (Sick AG [Viitattu 10.4.2018].) .....	14
Kuva 4. Työssä käytetty anturi (Sick AG [Viitattu 10.4.2018].) .....	14
Kuva 5. Työssä käytetty logiikka .....	16
Kuva 6. Pneumaattiset kytkennät.....	19
Kuva 7. Työssä käytetty sylinteri.....	19
Kuva 8. Laitteiston sähkökytkennät.....	20
Kuva 9. Logiikan lisääminen projektiin .....	21
Kuva 10. Logiikan tyypin valinta.....	21
Kuva 11. Pääohjelmassa kutsutut toimilohkot.....	22
Kuva 12. Ohjelman network 1–3 .....	23
Kuva 13. Ohjelman network 4–5 .....	24
Kuva 14. Ohjelmalta saadun mitta-arvon vertaus raja-arvoon. ....	25
Kuva 15. Kalibroinnin mittausten keskiarvon laskeminen .....	26
Kuva 16. Testilaitteisto sekä ensimmäisessä testissä käytetty pakkaus ja painin...28	
Kuva 17. Ensimmäisen testin sylinterin ala-arvo.....	29
Kuva 18. Ensimmäisen testin mittausten erotus. ....	29
Kuva 19. Toisessa testissä käytetty pakkaus.....	31
Kuva 20. Toisen testin ensimmäiset mittaukset .....	32

Kuva 21. Toisen testin toiset mittaukset.....	33
Kuva 22. Kolmannessa testissä käytetty pakkaus jonka lämpösaumaus on epäonnistunut .....	34
Kuva 23. Kolmannen testin ensimmäiset mittaukset.....	35
Kuva 24. Kolmannen testin toiset mittaukset .....	35
Kuva 25. Neljännessä testissä käytetty uusi pienempi painin. ....	36
Kuva 26. Neljännen testin ensimmäiset mittaukset.....	37
Kuva 27. Neljännen testin toiset mittaukset. ....	38
Kuva 28. Viidennen testin pakkaus 600 g:n painolla.....	39
Kuva 29. Viidennen testin pakkaus 600 g:n painolla.....	39
Kuva 30. Viidennen testin pakkaus 400 g:n painolla.....	39
Kuva 31. Viidennen testin ensimmäiset mittaukset.....	40
Kuva 32. Viidennen testin toiset mittaukset .....	40
Kuva 33. Viidennen testin kolmannet mittaukset.....	41

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>FBD</b>	Function Block Diagram.
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller.
<b>SR-kiikku</b>	Logiikka ohjelmoinnissa käytetty valmis toimilohko.
<b>TIA-Portal</b>	Totally Integrated automation, Siemensin ohjelma logiikkosten, käyttöliittymien, taajuusmuuttajien ja turvaratkaisujen ohjelmointiin.



# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta

Opinnäytetyö tehtiin Atria Oyj Nurmon toimipisteelle. Elintarvikkeiden ilmatiiviys on tärkeä asia niiden säilyvyyden kannalta. Tämän vuoksi haluttiin ottaa selville, voidaanko lämpösaumattujen pakkauksien ilmatiiviyttä mitata luotettavasti, sekä ottaa selville, kuinka nopeasti kyseinen mittaus pystyttäisiin luotettavasti tekemään, jotta tuotannon vaatimukset täyttyisivät.

## 1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on määrittää tapa, jolla pakkauksien ilmatiiviys saataisiin mitattua luotettavasti. Mittauksen tulisi myös tapahtua nopeasti, jotta tuotannon vaatimuksiin päästäisiin. Testaamista varten rakennetaan pieni prototyyppi, jolla voidaan varmistua mittaustavan luotettavuudesta, sekä siitä, kuinka nopeasti mittaukset saadaan tehtyä.

## 1.3 Työn rakenne

Työn alussa käydään läpi työn taustaa, tavoitetta, rakennetta sekä käydään hieman läpi työn toimeksiantajaa Atria Oyj:tä.

Teoriaosiossa käydään läpi erilaisia mittaustapoja tiiviyden tarkistamiseen, etäisyyttä mittaavan laser-anturin teoriaa, sekä työssä käytettyjen komponenttien teoriaa.

Kolmannessa luvussa käydään läpi, miksi mittaustapa valittiin, miten laitteisto toimii, miten se on rakennettu ja miten laitteiston ohjelma toteutettiin sekä, mitkä ovat testien tavoitteet.

Testausluvussa käydään läpi tehdyt testit sekä niiden tulokset. Tulokset-luvussa käydään läpi minkälainen varsinainen laitteisto voisi olla, jos se tehtäisiin testauslaitteiston mukaisesti, sekä miten se voitaisiin integroida muuhun järjestelmään.

Lopussa on vielä pohdintaa ja yhteenveto opinnäytetyöstä sekä lähteet ja liitteet.

#### **1.4 Yritysesittely**

Atria on vuonna 1903 perustettu liha- ja ruoka-alan yritys. Atria perustettiin alun perin nimellä Kuopion Karjanmyyntiosuuskunta paikallisten talonpoikien toimesta Bruno Ilmanien johdolla, tarkoituksena taata lihan oikeudenmukainen hinta. Tuotemerkki Atria perustettiin vuonna 1963. (Atria Oyj [Viitattu 29.4.2018].)

Atria toimii Pohjoismaissa, Venäjällä ja Virossa. Tämän lisäksi yrityksellä on laajaa vientitoimintaa. Sen palvelukseen kuuluu noin 4449 työntekijää Suomessa, Ruotsissa, Tanskassa, Venäjällä ja Virossa. Liikevaihto on noin 1,43 miljardia euroa. Atrialla on lukuisia erilaisia tuotepakkauksia, mutta tässä työssä keskitytään pääasiassa lihapakkauksien tiiviiden mittaamiseen. (Atria Oyj [Viitattu 20.3.2018].)

## 2 Teoriaa

Tässä luvussa käydään läpi teoriaa tiiveyden mittatavoista, sekä testilaitteistossa käytetyistä komponenteista.

### 2.1 Tiiviiden mittaustapoja

Vuodonetsinnällä ymmärretään vielä nykyäänkin usein hyvin epätarkkoja ja subjektiivisia testejä, kuten kupltestiä, saippuavaahdon tai väriaineen käyttöä. Tuotteiden valmistuksessa tarvitaan kuitenkin luotettavia mittalaitteita, joilla tuotannon laatu voidaan taata. (YTM-Industrial Oy [Viitattu 26.3.2018].)

Joustavat ja jäykät ruokapakkaukset koostuvat pääosin tai osittain muovimateriaaleista. Sulkeminen tapahtuu lämpösaumaamalla tai tuplasaumaamalla. Kartonkipakkaukset, joustavat pussit, muovikupit ja -vuoat, joissa on joustavat kannet, sekä muovipurkit, joilla on tuplasaumatus metallipäädyst, ovat neljä pääryhmää, joilla on samanlaisia ongelmia tiiviiden kanssa, näitä ongelmia voidaan etsiä yleisillä metodeilla. (Arndt 2001.)

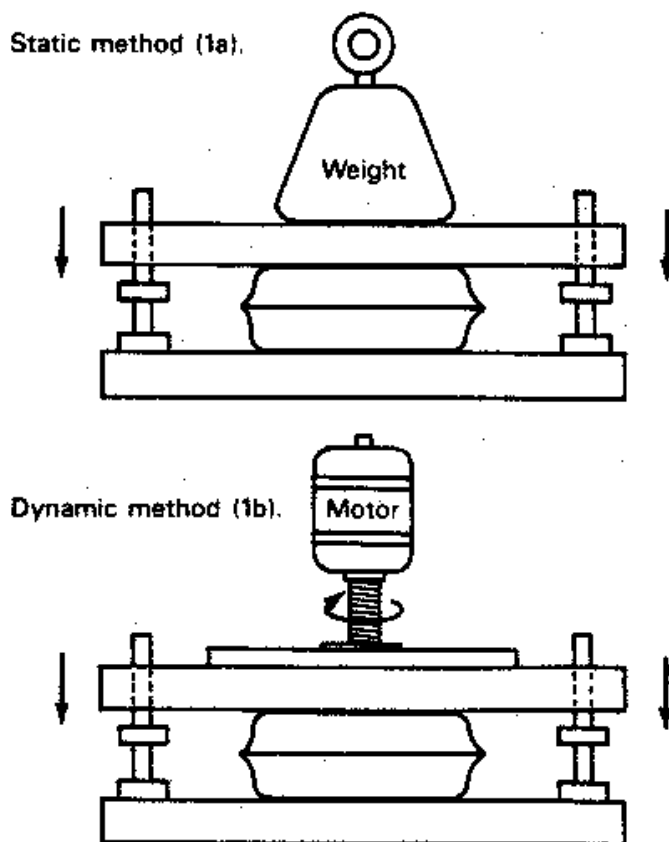
#### 2.1.1 Visuaalinen tarkastelu

Käsiä sekä silmiä käyttämällä voidaan tarkastella pakkausta. Näköä ja tuntoa käyttämällä arvioidaan mahdollisia virheitä, kädellä tunnustellaan pakkausta saumojen kohdalta ja etsitään taitoksia. Paukkauksen tasaisilta pinnoilta etsitään karheuksia, reikiä sekä epätasaisuuksia. (Arndt 2001.)

#### 2.1.2 Puristustesti

Suljettu pakkaus asetellaan tasaiselle pinnalle, jonka jälkeen pakkausta painetaan ylhäältäpäin ja tarkastellaan painon vaikutusta pakkauksen tiiviyteen ajan kuluessa. Staattisella tavalla testattaessa paino, jolla pakkausta painetaan, pysyy vakiona,

kun taas dynaamisella tavalla painoa nostetaan ja tarkastellaan, koska pakkaus hajoaa. (Arndt 2001.)



Kuva 1. Puristustestin staattinen ja dynaaminen tapa. (Arndt 2001.)

### 2.1.3 Kaasutunnistus

Tarkoituksena on tunnistaa pieniä vuotoja suljetuissa pakkauksissa, käyttäen apuna sensoreita, jotka tunnistavat pakkauksesta vuotavia kaasuja. Ehjien pakkauksen on kuitenkin estettävä kaasun vuotamista siten, ettei kaasun normaali taustapitoisuus testialueella nouse. Kaasukeskittymät saattavat aiheuttaa väärän positiivisen tuloksen. Anturi, jolla kaasuja tarkastellaan, voi olla lämmitetty elementti, jonka sähköinen resistanssi muuttuu vuotavan kaasun viilentäessä sitä. Esimerkkejä sopivista kaasuista ovat: happi, typpi, vety, hiilidioksidi ja helium. (Arndt 2001.)

### **2.1.4 Laservalotunnistus**

Tarkoituksena on tunnistaa pieniä muutoksia pakkauksessa ja verrata sitä toiseen samanlaiseen pakkaukseen, kun niihin kohdistetaan ulkoista painetta. Pakkauksia pidetään paikallaan siten että lasersäde voidaan kohdistaan samaan kohtaan molemmissa pakkauksissa. Jos pakkaus liikkuu eri tavalla pullistuessaan, toinen lasersäde kulkee pitemmän matkan ja se voidaan tunnistaa ja näin määrittää viallinen pakkaus. (Arndt 2001.)

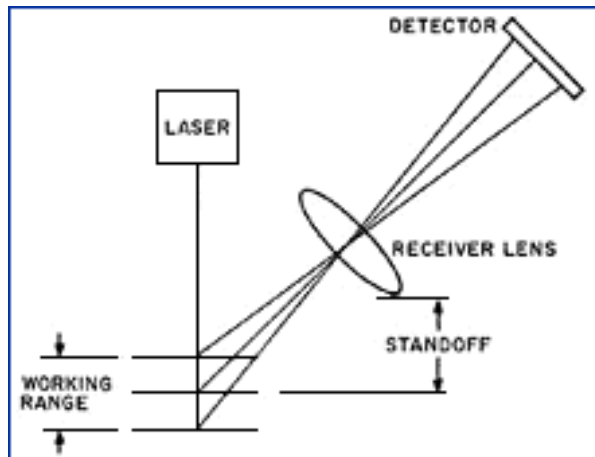
## **2.2 Etäisyyttä mittaava laser-anturi**

Menetelmä, jolla etäisyyttä halutaan mitata, riippuu mittausetäisyyden pituudesta sekä siitä kuinka tarkkoja tuloksia mittaukselta halutaan. Mittausperiaatteita on kolmiomittaus, Time-of-Flight-mittaus, pulssityyppinen Time-of-Flight-järjestelmä, sekä moduloitu sädejärjestelmä. (Schmitt Industries, Inc. [Viitattu 1.4.2018].)

### **2.2.1 Kolmiomittaus**

Hyvin tarkkoihin mittauksiin käytetään kolmiomittaustyyppisiä antureita. Tämän tyyppisellä mittaustavalla mittapituus ei voi olla pitkä. Mittauksien tarkkuus pienenee, mikäli mittauspituus kasvaa. (Schmitt Industries, Inc. [Viitattu 1.4.2018].)

Anturi toimii heijastamalla lasersäteen mitattavasta kappaleesta ja sen jälkeen laskeamalla etäisyyden referenssipisteestä. Määrittämällä ensin, mihin heijastuva säde osuu tunnistimella. Kun piste, josta säde heijastuu, liikkuu lähemmäksi tai kauemmaksi referenssipisteestä kappaleen liikuessa, muuttuu pisteen paikka tunnistimella. (Kennedy 1998.)



Kuva 2. Kolmiomittauksen pisteen tunnistamisen periaatekuva. (Kennedy 1998.)

## 2.3 Anturi

Työssä mittauksiin käytetty anturi on SICK OD Value OD2-P120W60I2. Se on luonnollisten kohteiden mittaamiseen tarkoitettu IP67-luokan laser-etäisyysanturi. Anturia voidaan käyttää 12 – 24 Voltin DC-jännitteellä. Sen toimintaetäisyys on 60 mm – 180 mm. Toistotarkkuus anturilla on 30 µm. Mittaustaajuus on pienempi tai yhtä suuri kuin 2 kHz. Anturin lähtöinä on yksi 4 mA – 20 mA analoginen lähtö, kaksi PNP-lähtöä sekä yksi monitoiminen tulo. (Sick AG. [Viitattu 10.4.2018].)



Kuva 4. Työssä käytetty anturi (Sick AG [Viitattu 10.4.2018].)

PERFORMANCE	
Measuring range	60 mm ... 180 mm <sup>1)</sup>
Target	Natural objects
Repeatability	30 µm <sup>1)</sup> <sup>2)</sup> <sup>3)</sup> <sup>4)</sup>
Linearity	± 120 µm <sup>2)</sup> <sup>4)</sup> <sup>5)</sup> <sup>6)</sup>
Response time	≥ 1 ms
Measuring frequency	≤ 2 kHz <sup>1)</sup>
Light source	Laser, red
Laser class	2 (IEC 60825-1:2014, EN 60825-1:2014) <sup>7)</sup>
Typ. light spot size (distance)	1 mm x 1.5 mm (120 mm)
Additional function	Mean-value setting 1 ... 64x, automatic sensitivity adjustment, Analog outputs can be taught in, Invertable analog output, Teach-in of switching output, Invertable switching output, multifunctional input: laser-off / external teach-in / trigger, switching mode: distance to object (DtO), switching mode: window (Wnd)

Kuva 3. Työssä käytetyn anturin tiedot (Sick AG [Viitattu 10.4.2018].)

## 2.4 Anturin signaalin muunnos

Jos 4 – 20 mA:n virtasignaalia halutaan lukea laitteella, joka ymmärtää vain jännitesignaalia, pitää virtasignaali muuntaa jännitesignaaliksi käyttäen apuna Ohmin lakia. Tämän mukaan lasketaan vastuksen resistanssi, jotta 4 – 20 mA:n signaali voidaan muuttaa jännitteeksi. Esimerkiksi kun muunnetaan 4 – 20 mA:n signaali 0 – 10 Vdc:n signaaliksi ja käytössä on 500 ohmin vastus, ohminlain mukaan:

$$R = U/I \quad (1)$$

, jossa R on resistanssi, U on jännite ja I on virta.

Tästä voidaan laskea, jos 20 mA:n virta kulkee vastuksen läpi, on jännitesignaali silloin 10 voltia. Jos taas 4 mA:n virta kulkee vastuksen läpi, on signaali 2 voltia. (OMEGA Engineering Inc. [Viitattu 26.3.2018].)

## 2.5 Logiikka

Työssä käytetty ohjelmoitava PLC-logiikka on Siemensin SIMATIC S7-1200. Se on kooltaan pieni automaatiolaite, jota voidaan käyttää apuna mekaniikan ohjaustehtävissä. Nykyisin PLC-pohjaisilla ohjauksilla valvotaan ja toteutetaan erilaiset toiminnot koneen ohjauksissa ja valmistuslinjoissa. Aikaisemmin piti käyttää satoja aikaja ohjausreleitä vastaavien toimintojen saavuttamiseksi. Logiikan yhdistäminen laajempiin ohjausjärjestelmiin on myöskin mahdollista toteuttaa. (Siemens AG. [Viitattu 16.4.2018].)



Logiikassa on paikat kuudelle 24 V:n DC digitaaliselle tulolle, neljälle 24 V:n DC digitaaliselle lähdölle, sekä kahdelle analogiselle jännitetulolle. (Siemens AG. [Viitattu 17.4.2018].)



Kuva 5. Työssä käytetty logiikka

### **3 Testilaitteiston rakentaminen, rakenne ja toiminta.**

Tässä luvussa käydään läpi mittaustavan valinta, testilaitteiston rakentaminen, testilaitteiston toiminta, sen ohjelmointi sekä testien tavoitteet.

#### **3.1 Mittaustavan valinta**

Mittaustapaa valittaessa oli alusta-alkaen tarkoituksena käyttää paineilmasylinteriä painamaan tuotepakkauksia alaspäin ja mitata sylinterin liikettä. Sylinterin sijaan voisi käyttää myös jonkinlaista rullaa, joka painaisi pakkauksia alas, kun ne kulkevat kuljettimella sen ali, mutta tämä olisi ollut vaikea toteuttaa testilaitteistoa rakennettaessa.

Sylinterin liikettä mitattaessa läpikäytyjä tapoja olivat laser-anturi, pulssi-anturi, lineaaripotentiometri sekä kaasu-anturi. Työssä päädyttiin käyttämään laser-anturia, koska se on hyvin tarkka, siinä ei ole mekaanista kulumaa ja se on helppo asentaa ja liittää logiikkaan. Valitun anturin signaali oli milliampeeri-muodossa, joten se täytyi muuttaa jännitemuotoon erillisellä signaalinmuuntimella, jotta käytetty logiikka pystyi lukemaan signaalia.

#### **3.2 Laitteiston toiminnan kuvaus**

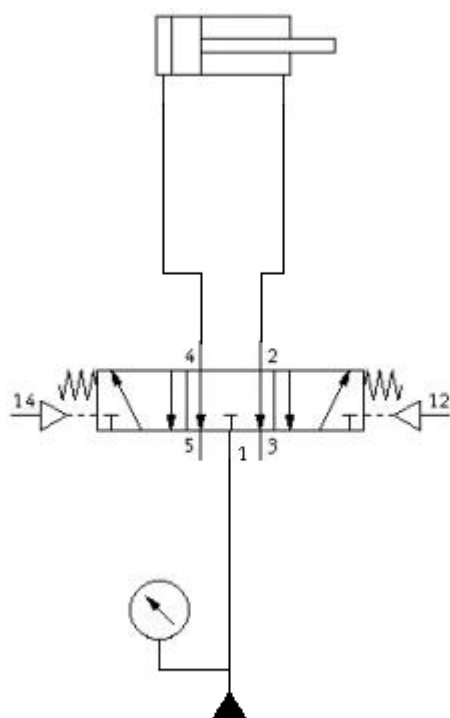
Testilaitteisto koostuu paineilmasylinteristä, jota ohjataan magneettiventtiileillä. Näitä venttiileitä ohjataan taas PLC-logiikalla ja sille kirjoitetulla ohjelmalla. Sylinterin liikettä seurataan etäisyyttä mittaavalla laser-anturilla. Testauksen tulee tapahtua nopeasti, jotta tuotannon vaatimuksiin päästään. Mikäli testilaitteistolla tehdyt mitaukset osoittautuvat onnistuneiksi, voidaan testilaitteiston pohjalta valmistaa varsinainen mittalaitteisto, joka voidaan sitten sijoittaa kuljetinlinjaston väliin, ilman että se aiheuttaa häiriötä jo olemassa olevan tuotantolaitteiston toimintaan.

### 3.3 Mekaniikka

Kun mittaus käynnistetään, ohjataan sylinteri painamaan reunoista ja pohjasta tuetua tuotepakkausta kalvon kohdalta siten, että pakkaus painuu hieman kasaan. Anturilla mitataan, kuinka alas sylinteri liikkuu. Mikäli pakkaus on viallinen, poistuu pakkauskaasu pakkauksesta ja sylinteri painuu alemmaksi kuin ehjää pakkausta mitattaessa. Aluksi oli myös tarkoitus tarkastella, miten pakkaus palautuu sen jälkeen, kun sitä on painettu alaspäin ja sylinterin paine vapautetaan, mutta tämä ominaisuus poistettiin testausvaiheessa. Pneumaattinen paine pidetään mittauksissa samana, mutta sitä voidaan muuttaa pakkaus kokojen muuttuessa. Näitä mittauksia verrataan ennalta määriteltyyn raja-arvoon. Mikäli pakkauksessa on vuoto, pääsee sylinteri painumaan alemmaksi ja näin pakkaus voidaan tunnistaa rikkoutuneeksi. Rikkoutunut pakkaus poistetaan tuotantolinjalta.

### 3.4 Pneumatiikka

Työssä on käytetty pneumaattista sylinteriä, jota ohjataan pneumaattisella venttiilillä. Käytetty venttiili on Feston 5/3-tilaventtiili ja sitä ohjataan logiikalla, solenoideja käyttämällä. Venttiili on jousipalautteinen, eli jos venttiiliä ei ohjata, palaa se oletustilaan, joka päästää paineen sylinteriltä pois. Sylinterin alaraja tunnistetaan magneettikytkimen avulla. Painetta voidaan säätää käsin paineensäätöventtiililtä. Pneumaattiset kytkennät on tehty kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 6. Pneumaattiset kytkennät



Kuva 7. Työssä käytetty sylinteri

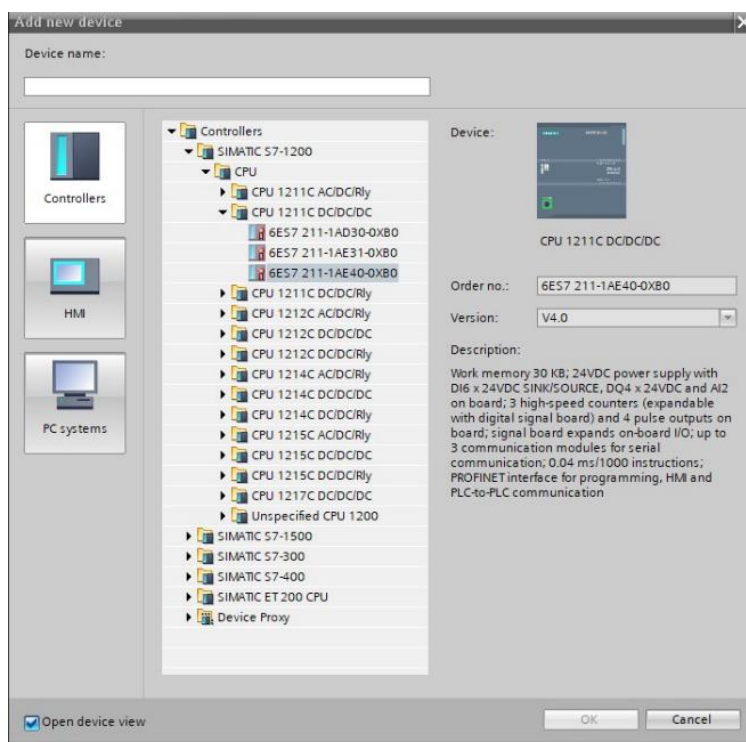


### 3.6 Ohjelmointi

Ohjelma laitteistolle tehtiin Siemensin S7-1211C -PLC-logiikalle käyttäen Siemens TIA-Portaalia. Ohjelmointi aloitettiin ensin tekemällä uusi projekti ohjelmaan ja valitsemalla sille työssä käytettävä logiikka (kuva 9 ja 10). Tämän jälkeen tarkistettiin, että logiikkaan yhdistäminen onnistuu ja aloitettiin ohjelman tekeminen.

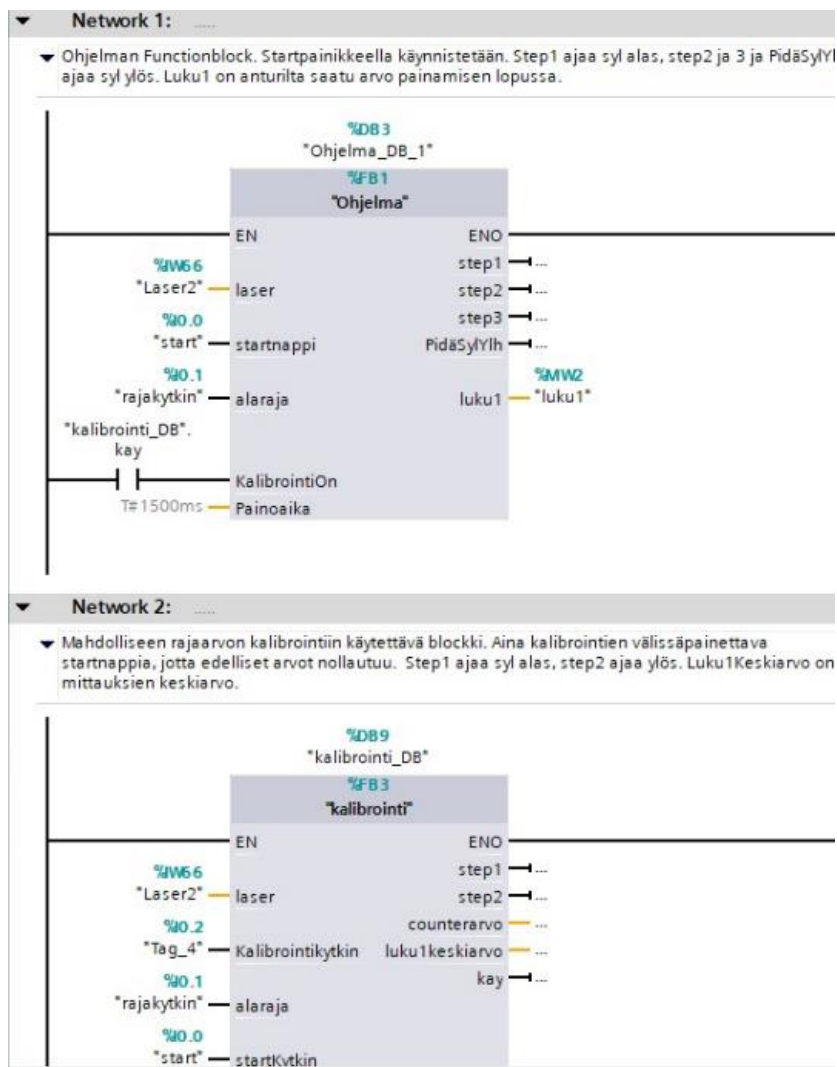


Kuva 9. Logiikan lisääminen projektiin



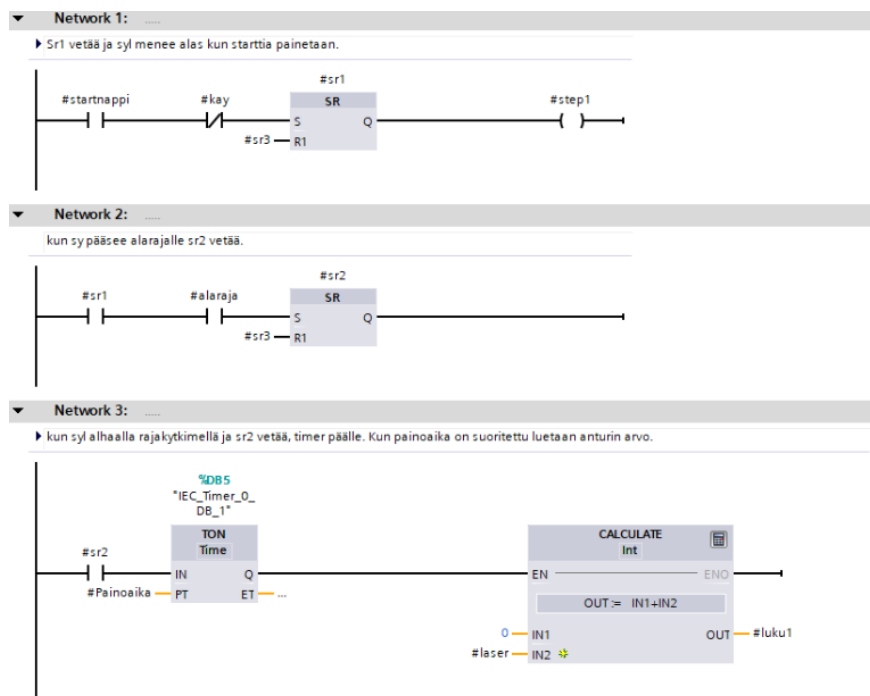
Kuva 10. Logiikan tyypin valinta

Ohjelmointi kieleksi valittiin FBD, ja ohjelma tehtiin käyttämällä pääsääntöisesti SR-kiikkuja sekä ajastimia. Varsinainen ohjelma sekä kalibrointiohjelma tehtiin omiin toimilohkoihinsa, joita kutsuttiin pääohjelmassa (kuva 11).



Kuva 11. Pääohjelmassa kutsutut toimilohkot

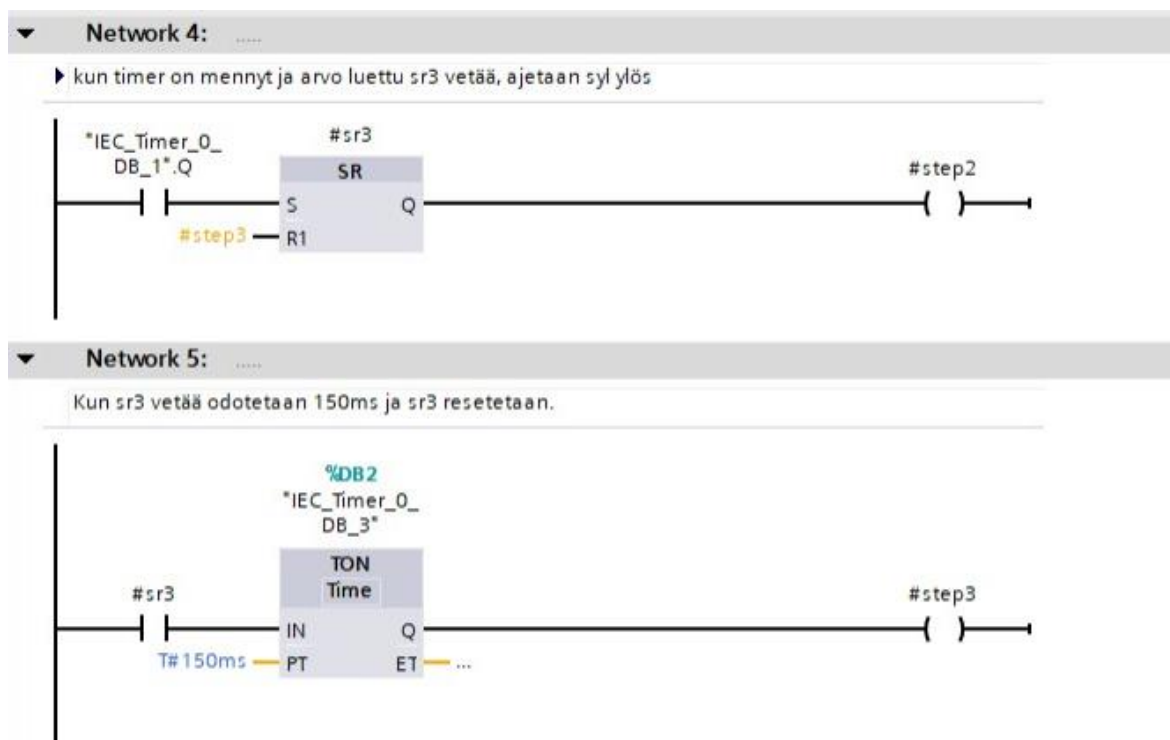
Ohjelma toimii siten, että kun Start-kytkintä painetaan, menee sylinteri alas ja käynnistää ajastimen. Ajastimen aika voidaan muuttaa haluttaessa helposti. Kun sylinteri on halutun ajan verran painanut pakkausta alaspäin, otetaan laserin arvo ylös ja tallennetaan se logiikan muistipaikkaan (kuva 12).



Kuva 12. Ohjelman network 1–3

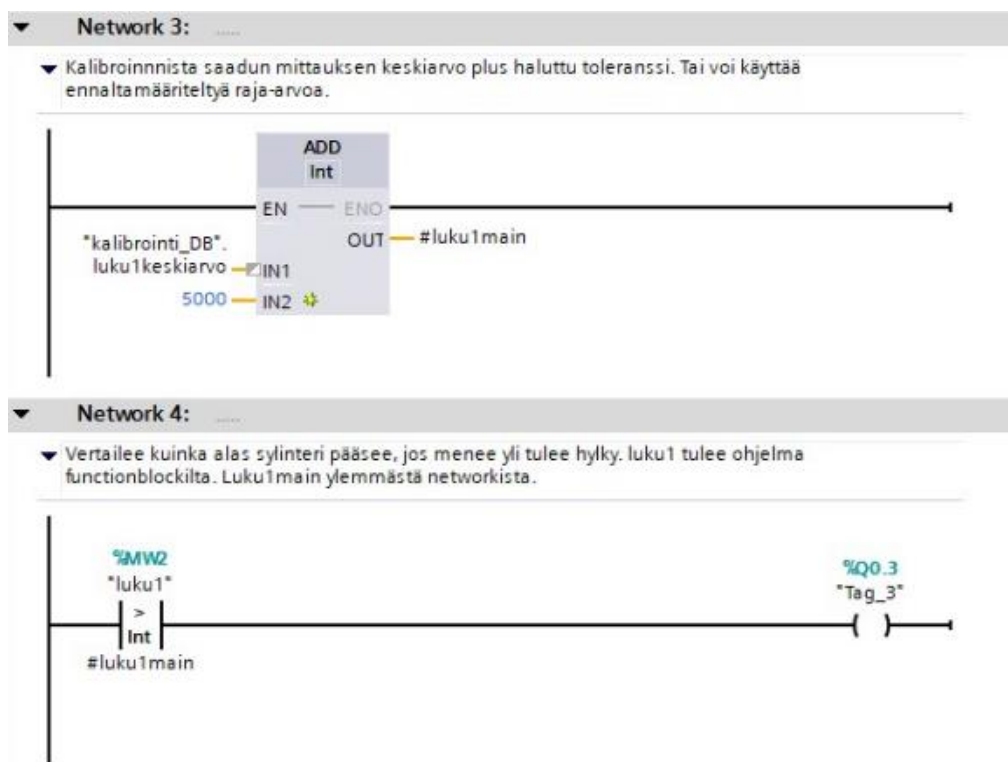


Kun arvo on tallennettu, lähtee sylinteri ylös ja toinen ajastin lähtee päälle. Toisen ajastimen tarkoituksena on vain estää, ettei uutta työkiertoa voida aloittaa ennen kuin sylinteri on päässyt ylös (Kuva 13).



Kuva 13. Ohjelman network 4–5

Kun ajastimen 150 ms:n aika on kulunut, voidaan uusi työkierto tehdä. Laserin tallennettua arvoa verrataan ennalta määritettyyn raja-arvoon. Raja-arvo voidaan joko ottaa kalibrointitoimilohkosta tai sitten syöttää se käsin. Tämän perusteella voidaan pakkaus hylätä tai hyväksyä (kuva 14).

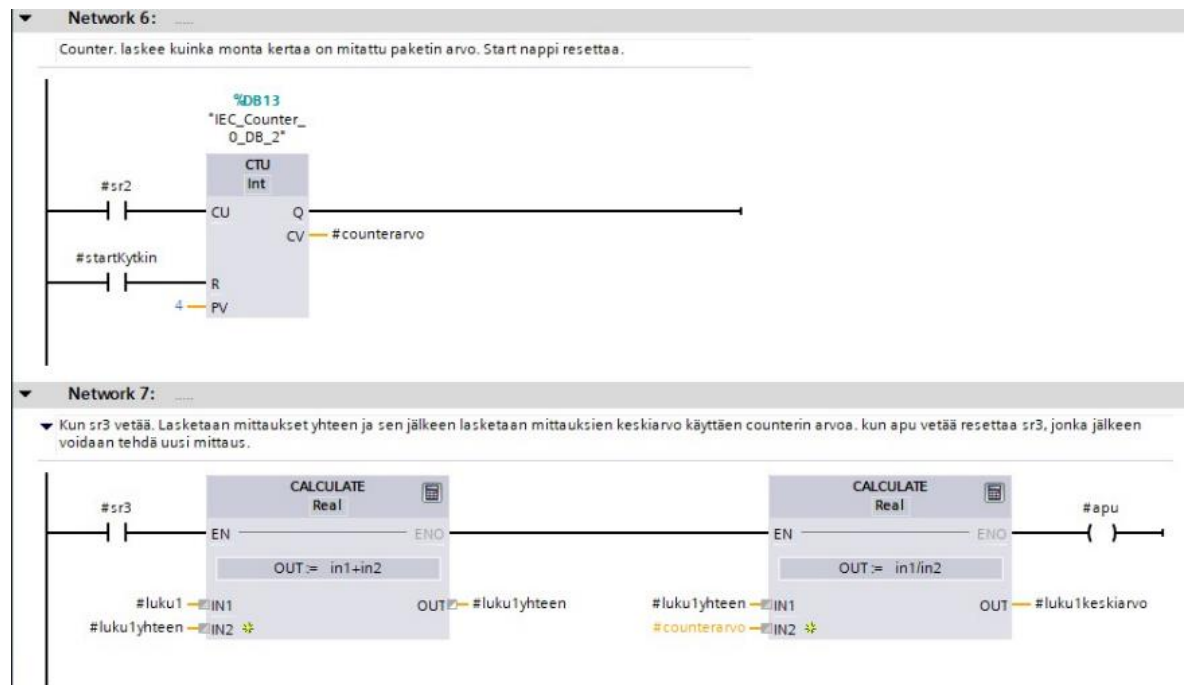


Kuva 14. Ohjelmalta saadun mitta-arvon vertaus raja-arvoon.

Aluksi ohjelmaan oli myös ohjelmoitu kohta, missä ensimmäisen arvon tallennuksen jälkeen sylinteri päästettiin vapaaksi paineesta, ja sylinteri nousi hieman pakkauksen painaessa sitä takaisin. Pienen viiveen jälkeen laserin arvo tallennettiin toiseen muistipaikkaan. Näistä kahdesta arvosta laskettiin erotus. Erotuksen oletettiin olevan isompi ehjien pakkauksien kanssa, mutta testeissä tuli ilmi, ettei se aina pitänyt paikkaansa. Erotusta katsomalla ei pystynyt varmasti sanomaan, oliko pakkaus rikki vai ei. Tämän vuoksi erotusta mittaava osa poistettiin ohjelmasta.

Ohjelmaan tehtiin myös kalibrointifunktio, missä tehtiin mittaus niin monta kertaa kuin haluttiin, ja mittauksista laskettiin mittauksien keskiarvo. Kuten kuvasta 14 näkee, keskiarvo ja haluttu toleranssi laskettiin yhteen ja sitä käytettiin ohjelman raja-

arvona hylkäämiselle. Kalibrointi on toiminnaltaan samanlainen kuin varsinainen ohjelma, mutta siinä laskettiin mittaustulokset yhteen ja kuinka monta kertaa mittaus on tehty, jotta keskiarvo voidaan laskea (kuva 15).



Kuva 15. Kalibroinnin mittausten keskiarvon laskeminen

### 3.7 Testien tavoitteet

Testien tavoitteena on varmistua siitä, että tehty logiikkaohjelma toimii ja sillä pystytään mittaamaan pakkauksien tiivyyttä. Testien aikana on myös tarkoitus mahdollisesti muuttaa ja parantaa ohjelmaa, jos testien tulokset sitä edellyttävät. Lisäksi testeillä on tarkoitus selvittää, kuinka monta mittausta testilaitteistolla voidaan tehdä yhden minuutin aikana, millä paineella mittaaminen olisi hyvä suorittaa, kuinka iso painimen olisi hyvä olla, kuinka kauan pakkausta painetaan sekä, miten pakkaukset olisi hyvä tukea mittauksen ajaksi.

## 4 Testaus

Tässä luvussa käydään läpi, miten testit suoritettiin, yksittäisten testien tulokset ja selvitetään mahdolliset muokkaukset ohjelmaan ja testilaitteistoon niiden jälkeen. Lopuksi on vielä yhteenveto kaikista testeistä.

### 4.1 Testien suorittaminen

Testit tullaan ensin suorittamaan käyttämällä vain yhdenkokoista tyhjää tuotepakkausta. Osaan pakkauksista tehdään erikokoisia reikiä ja osa jätetään ehjäksi. Tämän lisäksi myöhemmissä testeissä käytetään pakkauksia, joissa on reunan väliin jätetty likaa siten, että saumaaminen ei onnistu ja sauman alta pääsee vuotamaan kaasua. Tällä simuloidaan oikeaa tilannetta, jossa pakkaus saattaisi vuotaa. Näillä pakkauksilla tehtyjä mittauksia verrataan keskenään, ja varmistutaan siitä, miten luotettavasti rikkoutuneet pakkaukset voidaan tunnistaa. Testattaessa on otettava huomioon, että osassa ehjiä pakkauksia saattaa olla enemmän pakkauskaasua, tämän takia ehjien pakkauksien mittatulokset ovat niin erilaisia.

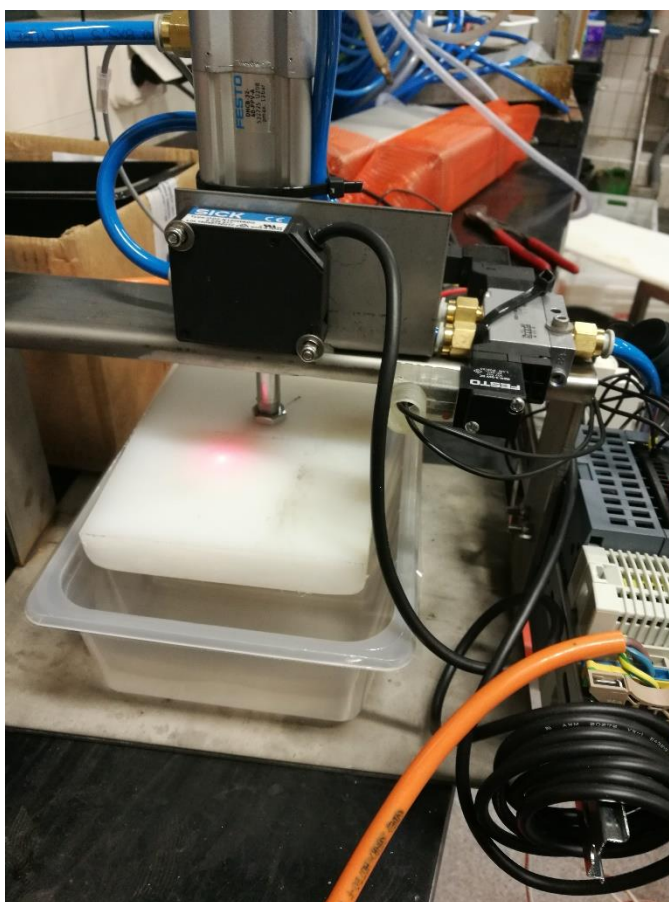
Tehtyä ohjelmaa muokataan paremmaksi, jos siihen on tarvetta. Kun tyhjiä pakkausten testit on tehty, on tarkoitus tehdä testauksia erikokoisilla ja eripainoisilla pakkauksilla. Näin pystytään näkemään käyttäytyvätkö erilaiset pakkaukset mitattaessa eri tavoilla, ja vaikuttavatko pakkauksien painot mittatuloksiin. Kaikista testeistä tehdään kuvaajat, joista on helposti todettavissa mittatulokset.

Anturin mittausväli on 60–180 mm. Mittausarvot ovat väliltä 0 – 32767. Mittausarvo 0 on 60 mm:n päässä anturista, ja arvo 32767 on 180 mm:n päässä. Yhden millimetrin mitta-arvoksi tulee 273,06, mittatulokset on jaettu tällä luvulla, jolloin ne saadaan muunnettua millimetreiksi.

Ensimmäisissä mittauksissa painimen pinta-ala on 240 cm<sup>2</sup>. Myöhemmissä mittauksissa käytetty pienemmän painimen pinta-ala on 70 cm<sup>2</sup>. Mittauksissa oli tärkeää, että painin oli keskellä pakkauksen muovikalvoa mittauksen ajan, ettei se pääse taipumaan ja vääristämään mittatulosta. Pneumaattista painetta muutettiin pakkauskoon mukaan.

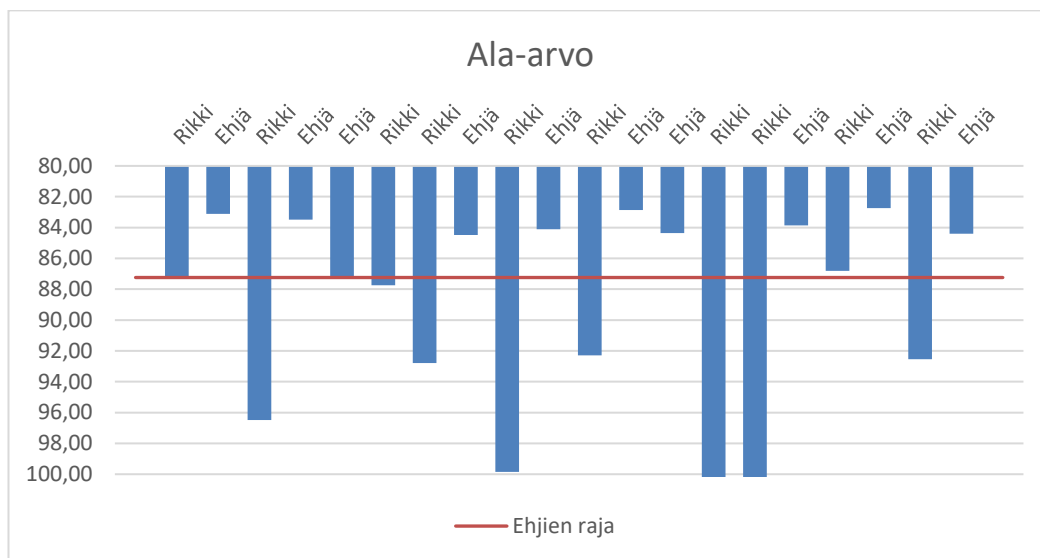
## 4.2 Ensimmäinen testi

Ensimmäisessä testissä testattiin tyhjiä pakkauksia. Pakkaukset oli tuettu kauluksesta. Mittaus tehtiin 1,7 baarin paineella, jolla sylinteri painoi pakkausta 0,75 sekunnin ajan. Alin arvo tarkoittaa, kuinka alas sylinteri pääsee pakkausta painamaan. Lisäksi mitattiin painimen arvoa 0,15 sekuntia sen jälkeen, kun paine vapautetaan sylinteriltä. Tämä tulos vähennettiin siitä, kuinka alhaalla sylinteri kävi, jolloin saatiin erotusarvo.



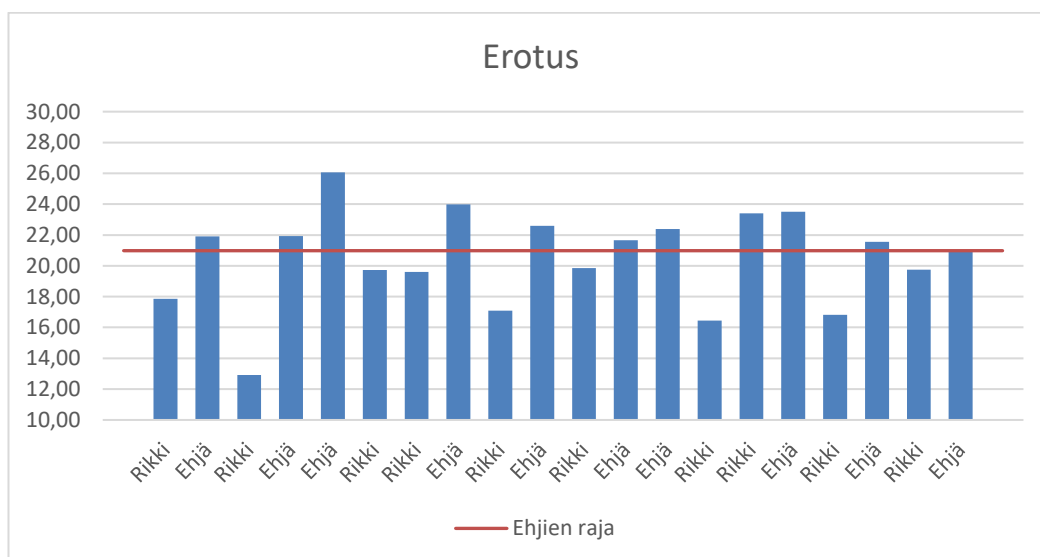
Kuva 16. Testilaitteisto sekä ensimmäisessä testissä käytetty pakkaus ja painin.

#### 4.2.1 Ensimmäisen testin tulokset



Kuva 17. Ensimmäisen testin sylinterin ala-arvo

Kuvasta 17 näkee selvästi, että osaa rikkinäisiä pakkauksia sylinteri painaa alemmaksi kuin ehjiä. Mutta jos reikä oli hyvin pieni, ei eroa juurikaan osaan ehjistä pakkauksista ollut. Pienien reikien tunnistamiseen oli tarkoitus käyttää erotusarvoa.



Kuva 18. Ensimmäisen testin mittausten erotus.

Kuvasta 18 nähdään, että ehjien pakkauksien kanssa erotus oli suurempi, ehjät pakkaukset painoivat paininta paremmin ylös kuin rikkinäiset.

### 4.3 Yksittäiset testit

Ensimmäisen testin jälkeen ohjelmalla tehtiin yksittäisiä testejä pakkauksilla, joiden sisällä oli erikokoisia painoja. Näistä testeistä saatiin selville, ettei erotusta pystytty enää mittaamaan tarkasti. Erotus saattoi olla ehjissä pakkauksissa, joissa oli vähemmän pakkauskaasua, lähellä rikkiäisten pakkausten erotusta. Kun pakkauksissa oli kaasua vähemmän, ei pakkaus enää pysynyt niin hyvin painettaessa muodossaan ja erotuksen arvo oli liian pieni. Tästä syystä ohjelmaa muutettiin niin, että pakkausta painetaan hieman pitempään alas, jotta rikkiäiset pakkaukset, joissa on pieni reikä, saataisiin tyhjenemään enemmän. Erotusta mittaava osa poistettiin.

#### 4.4 Toinen testi

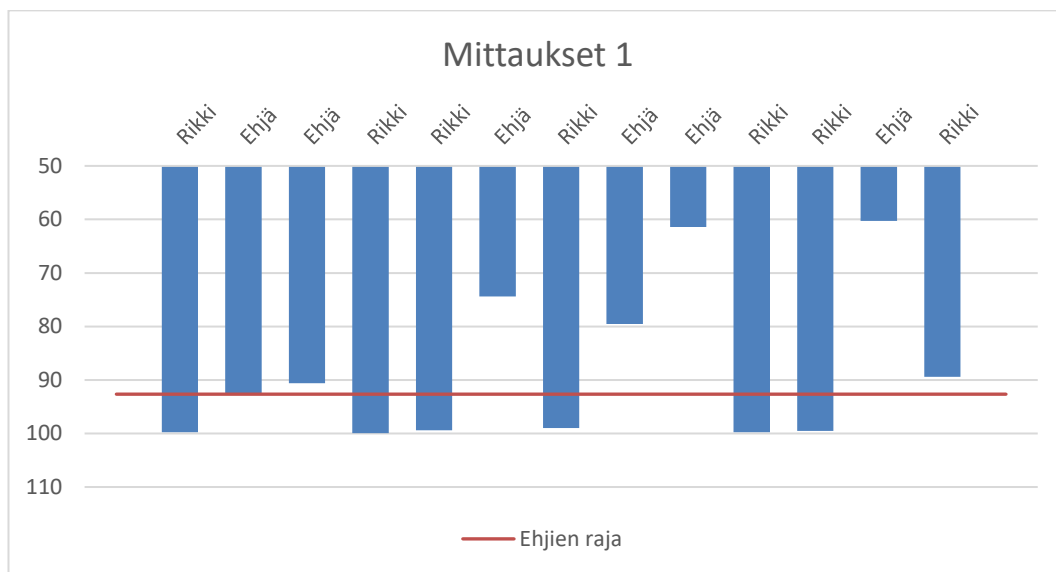
Toisessa testissä testattiin erityyppisiä niin ikään tyhjiä pakkauksia, kuten kuvassa 19. Pakkaukset oli tuettu kauluksesta. Mittaus tehtiin 1,7 baarin paineella, jolla sylinteri painoi pakkausta 1,5 sekunnin ajan. Mittaukset suoritettiin myös 2 baarin paineella, niin että pakkaukset oli tuettu pohjasta.



Kuva 19. Toisessa testissä käytetty pakkaus.



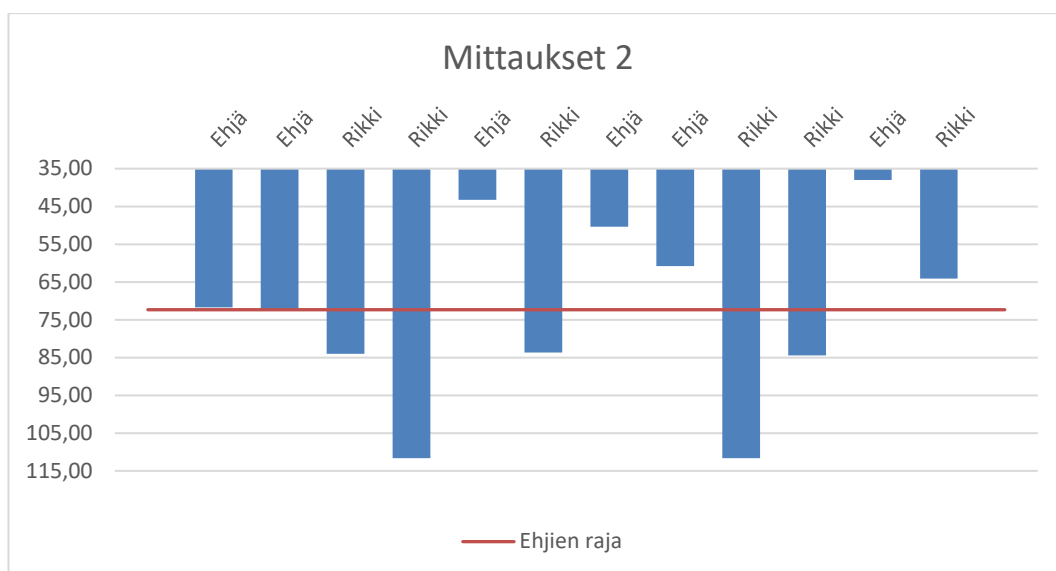
#### 4.4.1 Toisen testin tulokset



Kuva 20. Toisen testin ensimmäiset mittaukset

Kuvasta 20 näkee, että rikkinäiset pakkaukset painuvat alemmaksi kuin ehjät. Ainoastaan viimeistä mittausta, jossa oli hyvin pieni reikä, ei pystytäkään tunnistamaan rikkinäiseksi.

Tämän jälkeen nostettiin mittauspainetta 2 baariin, jotta myös pienemmällä reiällä olevat pakkaukset saataisiin tunnistettua. Tämä kuitenkin melkein rikkoi pakkauksen, jonka vuoksi pakkaukset tuettiin pohjasta seuraavaa mittausta varten.



Kuva 21. Toisen testin toiset mittaukset

Kuvasta 21 nähdään kuitenkin, ettei tämäkään auttanut pienimmän reiän tunnistamista. Sylinterin painamisaikaa ei kuitenkaan enää lisätty, ettei mittaus käy liian hitaaksi.

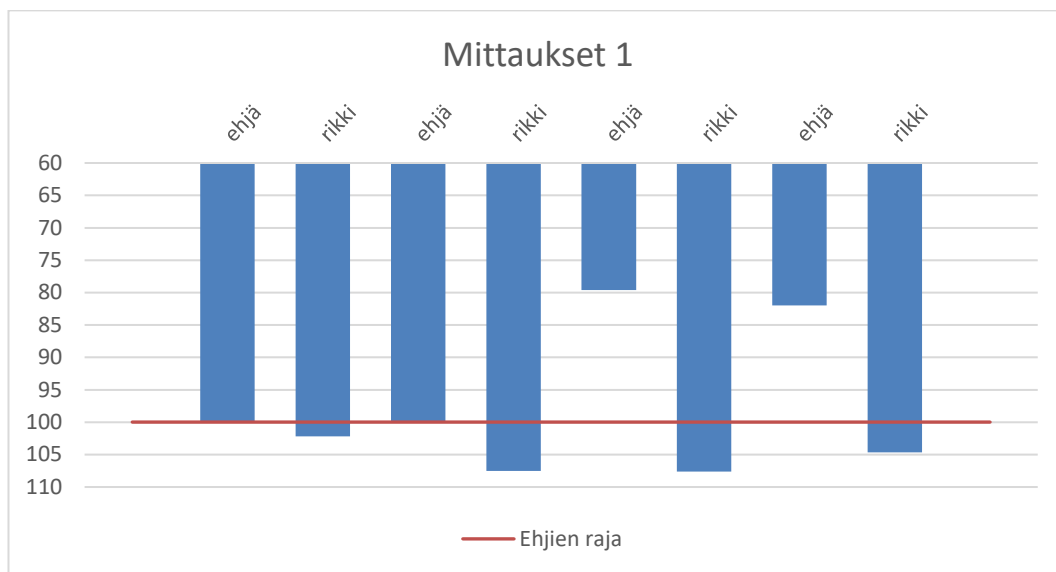
#### 4.5 Kolmas testi

Kolmannessa testissä tehdään mittaukset samalla tavalla kuin toisessa testissä. Reikien sijaan pakkauksien lämpösaumaus on epäonnistunut ja vuotaa (kuva 22). Pakkaukset oli tuettu kauluksesta. Mittaus tehtiin 1,7 baarin paineella, jolla sylinteri painoi pakkausta 1,5 sekunnin ajan. Mittaukset suoritettiin myös 2 baarin paineella, niin että pakkaukset oli tuettu pohjasta.



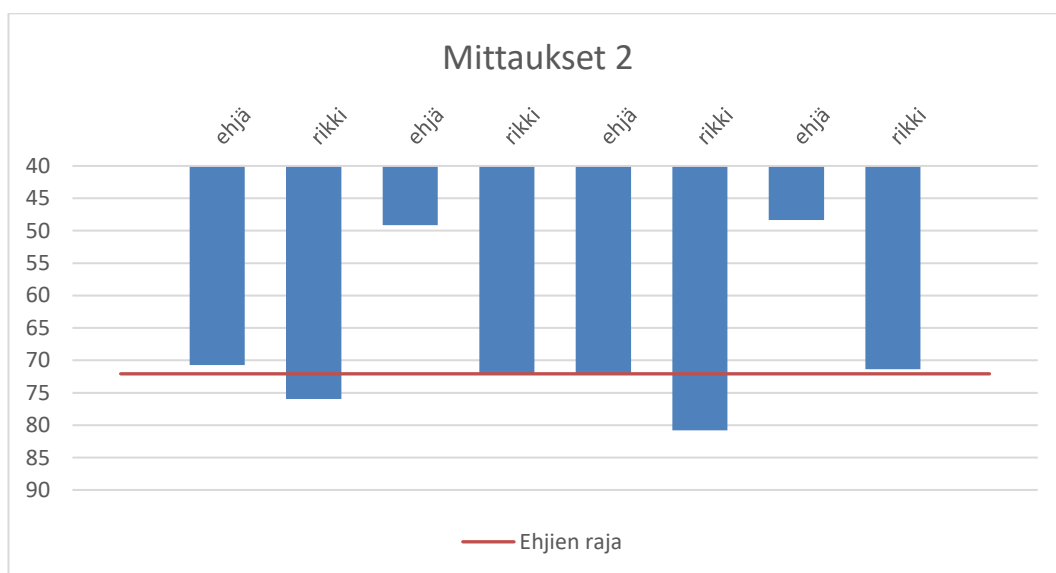
Kuva 22. Kolmannessa testissä käytetty pakkaus jonka lämpösaumaus on epäonnistunut

#### 4.5.1 Kolmannen testin tulokset.



Kuva 23. Kolmannen testin ensimmäiset mittaukset

Kuvasta 23 nähdään, että kauluksesta tuettuna rikkinäiset pakkaukset painuvat alemmaksi kuin ehjät. Mutta jos vuoto on pieni, ei ero ole iso. Rikkinäiset pakkaukset eivät ehdi tyhjetä tarpeeksi painamisen aikana.

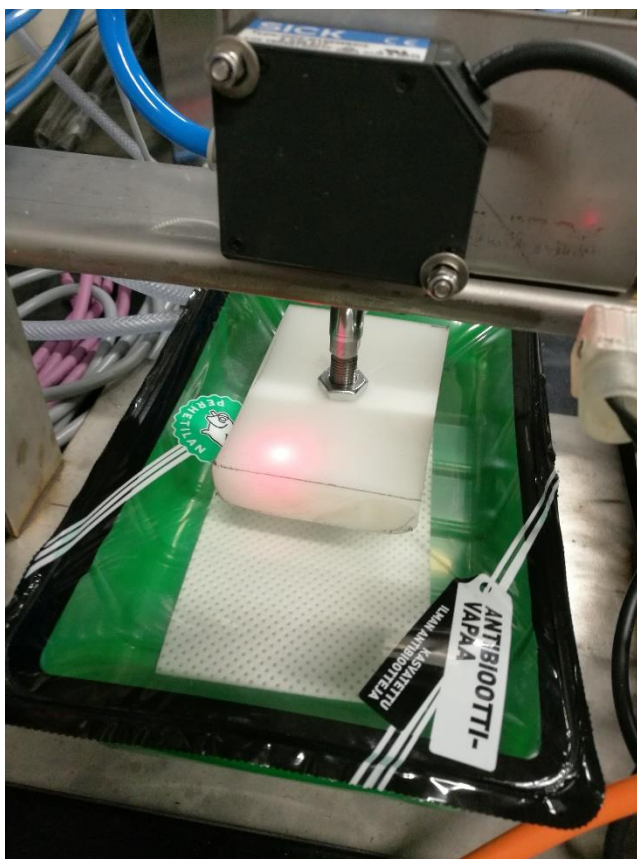


Kuva 24. Kolmannen testin toiset mittaukset

Kuvasta 24 nähdään, että pohjastakaan tuettuna ja painetta lisäämällä ei osa pakkausista tyhjene tarpeeksi nopeasti.

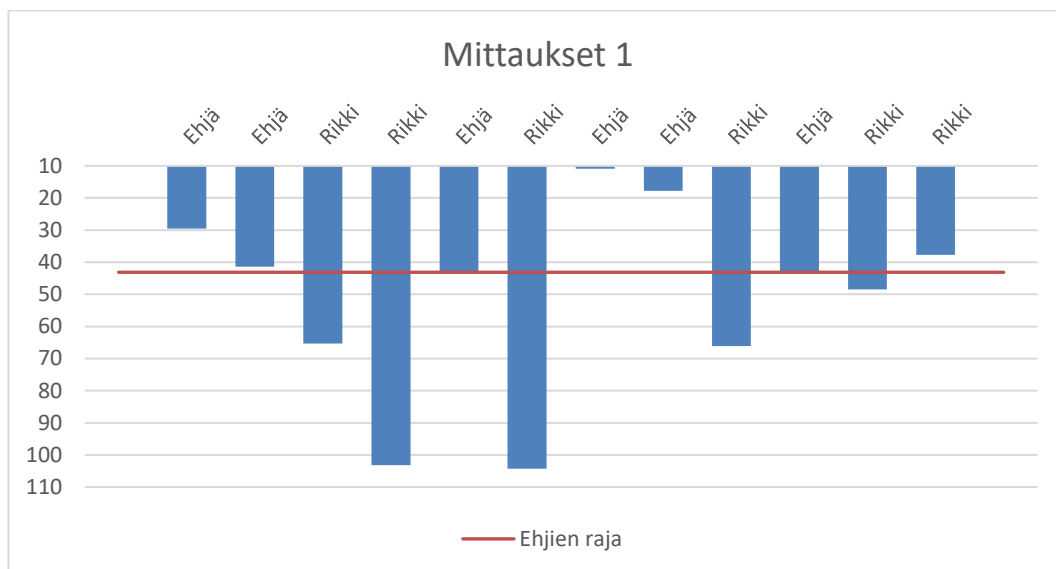
#### 4.6 Neljäs testi

Neljännessä testissä uusittiin toisen ja kolmannen testin mittaukset käyttäen samoja pakkauksia. Testissä käytettiin uutta pienempää paininta, jonka pinta-ala oli 70 cm<sup>2</sup>. (kuva 25). Tällä muutoksella haluttiin lisätä sitä, miten nopeasti rikkiäiset pakkaukset tyhjenevät, kun niitä painetaan. Molemmat testit tehtiin 1,8 baarin paineella ja pohjasta tuettuna.



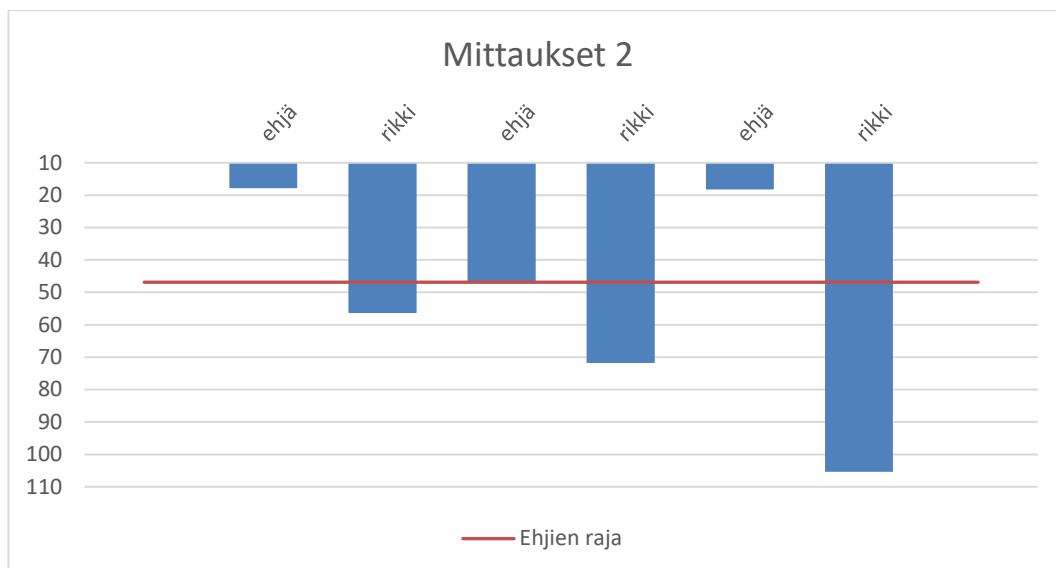
Kuva 25. Neljännessä testissä käytetty uusi pienempi painin.

#### 4.6.1 Neljännen testin tulokset



Kuva 26. Neljännen testin ensimmäiset mittaukset.

Kuvasta 26 nähdään, että rikkinäiset pakkaukset voidaan tunnistaa selvemmin kuin toisen testin tuloksissa. Myös pieni reikä, joka on mittauksissa toiseksi viimeisenä, pystytään pienemmällä painimella tunnistamaan. Ainoastaan pakkaus, johon oli neulalla tehty reikä, joka lisättiin näihin testeihin viimeiseksi mittaukseksi, jäi tunnistamatta.

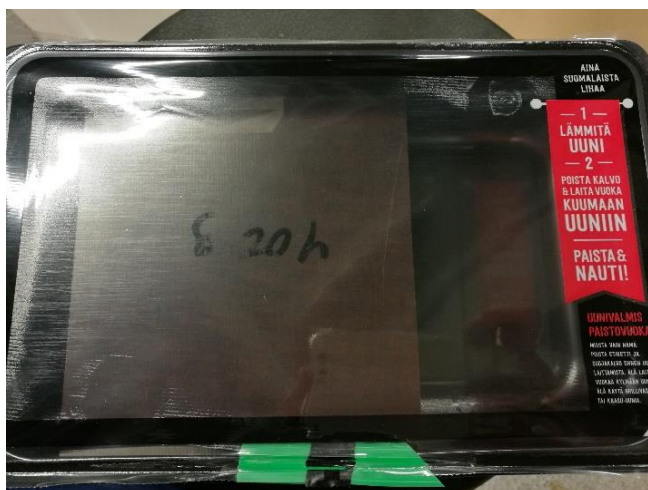


Kuva 27. Neljännen testin toiset mittaukset.

Kuvasta 27 voidaan nähdä, että myös kolmannen testin rikkinäiset pakkaukset voidaan tunnistaa paremmin käyttäen pienempää paininta. Mittauksesta poistettiin yksi ehjä ja yksi rikkinäinen laatikko, niiden hajoamisen vuoksi.

#### 4.7 Viides testi

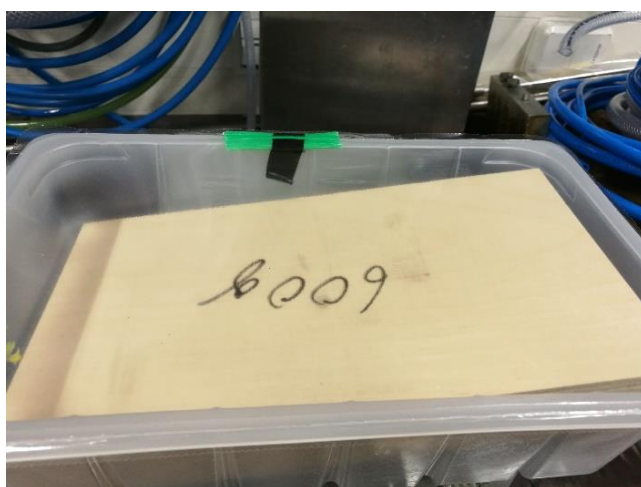
Viimeisissä testeissä käytettiin kolmea erilaista ja -kokoista rasiaa (kuva 28, 29 ja 30). Kaikissa rasioissa on sisällä 400 – 600 gramman paino. Osa pakkauksista on ehjiä, osassa on kannessa reikä ja osassa on saumaus epäonnistunut. Tarkoituksena on varmistua siitä, että mittaus toimii myös, jos pakkauksessa on tuotetta sisällä. Kaikissa mittauksissa käytettiin pienempää paininta, joka osoittautui edellisissä testeissä paremmaksi kuin isompi. Kahdessa ensimmäisessä mittauksessa käytettiin 1,8 baarin painetta ja viimeisessä 2 baarin painetta. Pakkaukset on tuettu pohjasta.



Kuva 30. Viidennen testin pakkaus 400 g:n painolla



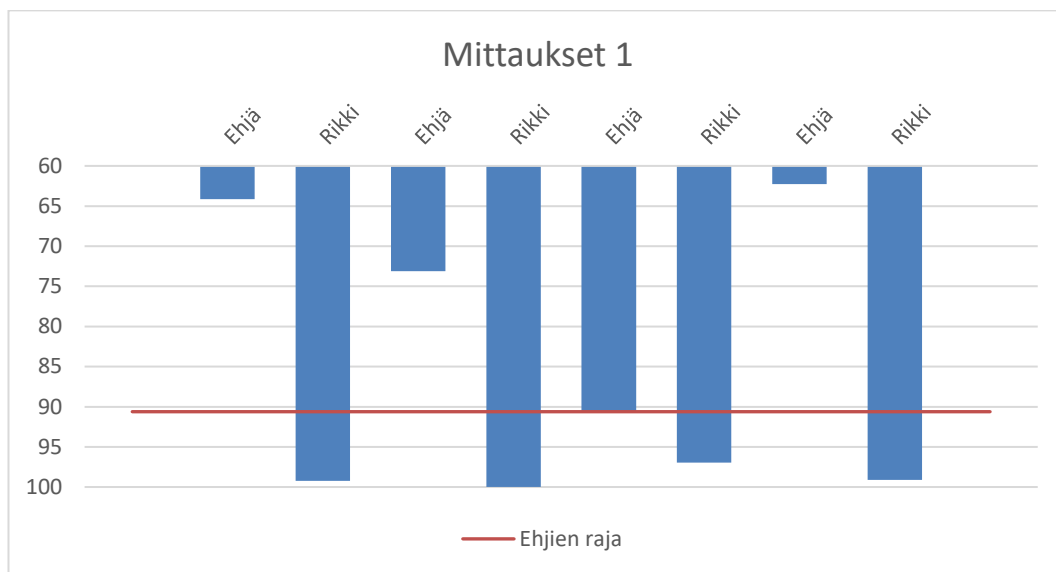
Kuva 29. Viidennen testin pakkaus 600 g:n painolla



Kuva 28. Viidennen testin pakkaus 600 g:n painolla

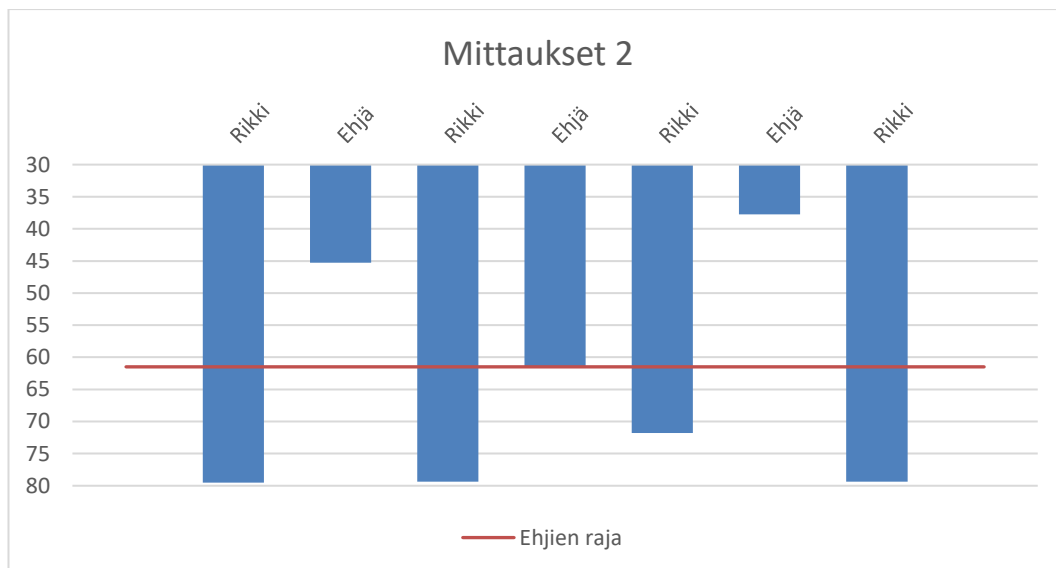


#### 4.7.1 Viidennen testin tulokset



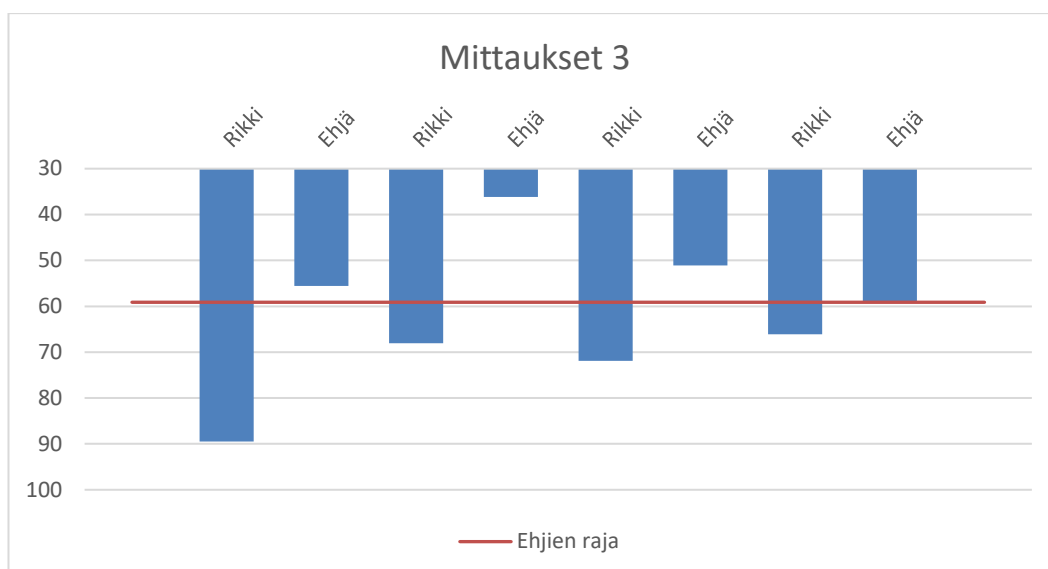
Kuva 31. Viidennen testin ensimmäiset mittaukset

Kuvassa 31 on mittaukset, jotka tehtiin mustalla pakkauksella, jossa on 400 g:n paino sisällä.



Kuva 32. Viidennen testin toiset mittaukset

Kuvassa 32 on mittaukset, jotka tehtiin vihreällä pakkauksella, jossa on 600 g:n paino sisällä.



Kuva 33. Viidennen testin kolmannet mittaukset

Kuvassa 33 on mittaukset, jotka tehtiin läpinäkyvällä pakkauksella, joissa oli 400 g:n, 500 g:n ja 600 g:n paino sisällä.

Kuvista 31, 32 ja 33 nähdään, että kaikista mittauksista voidaan selvästi erotella ehjät ja rikkinäiset pakkaukset.

#### 4.8 Testien yhteenveto

Testien tuloksena pystytään toteamaan, että rikkiäiset ja ehjät pakkaukset voidaan erotella toisistaan käyttämällä paineilmasylinteriä ja mittaamalla sen liikettä, kun sillä painetaan pakkausta. Parhaimman mittatuloksen sai tukemalla pakkaukset mitaustilanteessa pohjasta, sekä käyttämällä pienempää paininta. Painamisaikaa lisäämällä saatiin myös parannettua mittatulosta, jos rikkiäisen pakkauksen vuoto ei ollut iso.

Paineella oli myös suuri vaikutus mittaukseen, varsinkin kun pakkauskoko oli iso. Ainoastaan, jos pakkauksessa on neulalla tehty hyvin pieni reikä, ei pakkaus välttämättä ehdi tyhjetä painalluksen aikana. Testeissä piti myös ottaa huomioon, että painin oli keskellä pakkauksen kalvoa, jottei mittatulos vääristyisi.

Jos sylinterin painamisen aika on 1,5 sekuntia, pystytään testilaitteistolla tekemään noin 30 mittausta minuutissa. Mittauksien määrää pystytään lisäämään lyhentämällä painamisen aikaa.

Hylkäämisen raja-arvot olisi hyvä määrittää jokaiselle pakkaukselle erikseen, sillä mittatulokset heittelivät paljon eri pakkauksien kanssa, näin ollen kalibrointitoimilohkosta ei ole juurikaan hyötyä raja-arvon määrittämistä varten.

Testeissä huomattiin myös, että jos reikä on siinä kohtaa, mistä painin pakkausta painaa, tukkii painin reiän, eikä pakkaus pääse painettaessa tyhjenemään. Siispä painin tulisi valmistaa siten, että se ei tukkisi mahdollista reikää ja päästäisi pakkauksen tyhjenemään.

## 5 Tulokset

Tässä luvussa käydään läpi laitteistosuositus sekä sen integrointi muuhun järjestelmään. Laitteistosuositus on tehty testien tulosten mukaan.

### 5.1 Laitteistosuositus

Laitteistosuosituksena on käyttää mittalaitteistoa, joka on tehty testeissä käytetyn laitteiston mukaisesti. Mittausasemia laitteistossa voisi olla useampi, jos tuotannon vaatimukset vaativat nopeampaa mittaamista, kuin testeissä ilmitullutta 30 mittausta minuutissa. Raja-arvot, jolla pakkaukset hylätään, mittauspaineet sekä painimen painoajat, pitää määrittää erityyppisille pakkauksille erikseen. Paineen säätöä varten tulisi olla sähköinen paineilmasäädin, jotta paine saadaan helposti säädettyä pakkausten vaihtuessa. Jos pakkaukset tulevat kuljetinta pitkin mittausasemalle, pitää pakkaukset pysäyttää niin että painin tulee keskelle pakkauksen kalvoa, jotta mittatulos ei vääristy. Laitteistossa tulisi käyttää testeissä käytettyä pienempää paininta. Pakkausten tulisi olla tuettuna pohjasta ja mahdollisesti myös kauluksesta, jotta pakkaus itse ei vääntyisi sylinterin sitä painaessa. Laitteistoon olisi myös mahdollista lisätä kaasuntunnistusanuri, mikä tunnistaisi pakkauskaasut, mikäli ne painettaessa karkaisivat pakkauksesta.

### 5.2 Laitteiston integrointi muuhun järjestelmään

Mittalaitteisto voitaisiin lisätä jo olemassa olevaan järjestelmään lisäämällä se pakkauskoneen jälkeen siten että pakkaukset tulisivat koneelta kuljettimella suoraan testattaviksi. Mittauksen jälkeen rikkiäiset pakkaukset voitaisiin poistaa kuljettimelta, vaikkapa paineilmasylinterin avulla. Jos mittatulos jostain syystä on lähellä raja-arvoa, voitaisiin pakkaus mahdollisesti laittaa toisella sylinterillä sivuun ja ilmoittaa siitä merkkilampulla, jotta pakkaus voitaisiin sitten tarkistaa käsin. Mikäli rikkiäisiä pakkauksia tulisi lyhyen ajan sisällä paljon, voitaisiin tästäkin ilmoittaa, jotta mahdollinen vika huomattaisiin pakkauskoneessa mahdollisimman nopeasti.

## 6 Pohdintaa ja yhteenveto

Tässä työssä oli tarkoituksena ottaa selvää, pystytäänkö Atria Oyj:n erilaisten tuotepakkauksien ilmatiiviys mittaamaan luotettavasti, sekä tuotannon vaatimusten edellyttävällä nopeudella. Kun mittaustapa oli valikoitunut sekä jonkinlainen testilaitteisto rakennettu ja sen ohjelmisto tehty, oli laitteistolla tarkoitus tehdä testejä erilaisten ehjien ja rikkinäisten tuotepakkauksien kanssa.

Testien tarkoituksena oli varmistaa, että valittu mittaustapa sekä rakennettu testilaitteisto toimivat, ja että niillä pysyttäisiin luotettavasti ja nopeasti mittaamaan ovatko pakkaukset ilmatiiviitä. Testien mittauksista tehtiin kaaviot, joista pystytään nopeasti toteamaan mittausten tulokset. Testien perustella pystytään toteamaan, että rikkinäiset ja ehjät pakkaukset pystytään erottamaan toisistaan, käyttäen apuna paineilmasylinteriä, joka painaa pakkausta. Painettaessa pakkauskaasut karkaavat mahdollisista rei'istä, näin ollen mahdollistaen sylinterin painumisen alemmaksi kuin ehjien pakkausten kanssa. Sitä, miten alas sylinteri pääsee painamaan, tarkkaillaan laseretäisyysanturilla. Ainoastaan neulalla tehtyä hyvin pientä reikää ei pysytty tunnistamaan varmasti, sillä pakkaus ei ehtinyt tyhjetä tarpeeksi.

Suurin ongelma, mikä testeissä ilmeni, oli että pakkauksissa olevan kaasun määrä vaihteli hyvin paljon. Osa ehjien pakkauksien mittaustuloksista saattoi olla mitattaessa hyvin lähellä rikkinäistä pakkausta. Tämä saatiin kuitenkin ratkaistua tukemalla pakkaukset pohjasta, mikä auttoi pakkauksia pysymään paremmin kasassa painettaessa, sekä pienentämällä paininta, mikä auttoi rikkinäisiä pakkauksia tyhjeneeseen enemmän.

Mikäli testilaitteiston mukaan tehdään varsinainen mittalaitteisto, voitaisiin se lisätä jo olemassa olevan pakkauskoneen jälkeen siten, että pakkaukset saapuisivat mitauspisteelle heti. Mittaukset jälkeen pakkaukset joko jatkaisivat eteenpäin tai ohjattaisiin sivuun mittatuloksesta riippuen.

## LÄHTEET

- Armdt, G. Jr. 2001. Bacteriological Analytical Manual Chapter 22C. [Verkkojulkaisu]. U.S. Food & Drug Administration. [Viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: <https://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm072703.htm>
- Atria Oyj. Ei päiväystä. Atrian ensimmäiset 114 vuotta. [Verkkojulkaisu]. Atria Oyj. [Viitattu 29.4.2018]. Saatavissa: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/historia/>
- Atria Oyj. Ei päiväystä. Atrian kotimarkkina-alue. [Verkkosivu]. Atria Oyj. [Viitattu 20.3.2018]. Saatavissa: <https://www.atria.fi/konserni/yritys/kansainvälisyys/>
- Kennedy, W. 1993. The Basics of Triangulation Sensors. [Verkkojulkaisu]. Sensors Online. [Viitattu 1.4.2018]. Saatavissa: <http://archives.sensorsmag.com/articles/0598/tri0598/>
- OMEGA Engineering Inc. Ei päiväystä. Measuring a 4-20ma Input With a Voltage Input Device. [Verkkosivu]. OMEGA Engineering Inc. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <https://www.omega.co.uk/techref/das/4-20ma.html>
- Schmitt Industries, Inc. Ei päiväystä. Principles of measurement used by laser sensors. [Verkkosivu]. Schmitt Industries, Inc. [Viitattu 1.4.2018]. Saatavissa: <https://www.acuitylaser.com/measurement-principles>
- Sick AG. Ei päiväystä. Displacement measurement sensors OD Value. [Verkkosivu]. Sick AG. [Viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <https://www.sick.com/fi/en/distance-sensors/displacement-measurement-sensors/od-value/od2-p120w60i2/p/p185889>
- Siemens AG. Ei päiväystä. S7-1200. [Verkkosivu]. Siemens AG. [Viitattu 16.4.2018]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/s7\\_1200.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/s7_1200.htm)
- Siemens AG. Ei päiväystä. SIMATIC S7-1200. [Verkkojulkaisu]. Siemens AG. [Viitattu 17.4.2018]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat/s7\\_1200/simatic\\_s7-1200\\_brochure.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat/s7_1200/simatic_s7-1200_brochure.pdf)
- YTM-Industrial Oy. Ei päiväystä. Vuodonetsintä ja tiiviyden mittaus. [Verkkosivu]. YTM-Industrial Oy. [Viitattu 26.3.2018]. Saatavissa: <https://www.ytm.fi/tuotteet/prosessitekniikka/vuodonetsinta-ja-tiiviyden-mittaus/>

# LIITTEET

## Liite 1: Kytentäkaavio

